

28931/DE11



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 03 782 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
B 21 D 26/00
B 21 D 17/00
B 21 D 26/02
B 21 D 26/14
B 29 C 53/00

⑲ Aktenzeichen: 198 03 782.1
⑳ Anmeldetag: 22. 1. 98
㉑ Offenlegungstag: 5. 8. 99

DE 198 03 782 A 1

⑦① Anmelder:
Hellwig, Udo, Prof. Dr., 12351 Berlin, DE

⑦④ Vertreter:
Erich und Kollegen, 15751 Niederlehme

⑦② Erfinder:
Hellwig, Udo, Prof. Dr.-Ing., 12351 Berlin, DE;
Haase, Hans-Joachim, Dr., 12555 Berlin, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 29 07 420 B2
DE 21 18 207 B2
DE 1 97 11 103 A1
DE 44 47 268 A1
DE 44 37 986 A1
DE 44 19 652 A1
DE 44 01 974 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑤④ Verfahren zur Formgebung von dünnwandigen Körpern durch eine strukturierende Umbildung

DE 198 03 782 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Formgebung von dünnwandigen Körpern durch eine strukturierende Umbildung ihrer gleichmäßig ausgebildeten Oberflächenkontur, unter Anwendung partiell auf den Körper gerichteter Kräfte, bei dem die Krafteintragung auf einen ausgewählten sektoriellen Bereich des Körpers gelenkt wird.

Es ist bekannt, Körper mit gleichmäßig ausgebildeten Oberflächenkonturen berührungslos verformend zu strukturieren. So ist es aus G. Spur, Lehrblätter für Fertigungstechnik, ZWF 78 1983, bekannt, metallische Werkstücke mit Hilfe stark gepulster Magnetfelder zu verformen. Bei diesem Verfahren wird die elektrische Energie einer Kondensatorbatterie in Magnetfeldenergie einer Arbeitsspule umgewandelt und die abstoßende Wirkung dieses Magnetfeldes auf ein elektrisch leitendes Werkstück zur Durchführung des Umformungsvorganges genutzt. An rohrförmigen Werkstücken wird dabei eine nach innen gerichtete radial auf die Oberfläche des Rohres wirkende Kraft erzeugt. Dieses Umformungsverfahren ist den Umformungstechnologien ohne mechanische Werkzeugberührung beizuzuordnen.

Ein Nachteil dieses Verfahrens ist darin zu sehen, daß als Gegenkraft der verformenden Kraft, feste, der auszubildenden Struktur entsprechende Stützkerne zum Einsatz gelangen müssen. Diese Stützkerne wirken wie eine Matrize und erlauben es, die Struktur entsprechend den Anforderungen des Verwendungszweckes berührungslos auszuformen. Es ist weiterhin aus der DE 44 47 268 A1 entnehmbar, Wärmeübertragungsrohre zu falten und mit konkaven Abschnitten zu versehen. Das offenbarte Verfahren gibt in seiner Prozeßdarstellung keinen Anhaltspunkt darüber, ob die Verformung unter Einsatz von Stützkernen erfolgt bzw. daß thermische Hilfsmittel zur Anwendung gelangen. Die DE 44 01 974 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Beulverformung. Gemäß dem Verfahren wird eine Beulstrukturierung durch den partiellen Eintrag von Kräften auf das zu verformende Material vorgenommen, jedoch ist das Verfahren nicht ohne den Einsatz von Stützkernen möglich. Nun offenbart weiter die DE 44 37 986 A1 ein Verfahren, gekrümmte Materialbahnen und Folien mit Über- und Unterdruck zu beaufschlagen und dadurch eine Beulstruktur zu erreichen. Bei der Durchführung des Verfahrens sowohl bei der Anwendung von Über- als auch Unterdruck als verformende Kraft, ist ein Stützraster notwendig, auf dem die Materialbahn aufliegt. Die Öffnungen des Stützrasters bestimmen dabei Größe, Kontur und Intensität der aufzubringenden Strukturierung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Formgebung von dünnwandigen Körpern durch strukturierende Umbildung ihrer gleichmäßig ausgebildeten Oberflächenkontur, unter Anwendung partiell auf den Körper gerichteter Kräfte zu schaffen, mittels dem die Herstellung von Oberflächenstrukturen von Körpern durch wechselnde Verformungsintensitäten durchgeführt werden kann.

Die Erfindung löst die Aufgabe durch ein Verfahren zur Formgebung von dünnwandigen Körpern durch eine strukturierende Umbildung ihrer gleichmäßig ausgebildeten Oberflächenkontur und Anwendung partiell auf den Körper gerichteter Kräfte, bei dem die Krafteintragung auf einen ausgewählten sektoriellen Bereich des Körpers gelenkt, in diesen in ihrer Größe sowie sektoriellen Erstreckung soweit hineingeführt und so lange gehalten wird, die erforderlich ist, die partielle Formgebung in der vorgesehenen Kontur zu vollenden, wobei nach einem Zurücknehmen der verformenden Kraft die Rückstellkraft in der Kontur der verformten Körper bleibend aufgenommen wird, daß die sektoriellen Bereiche sich wiederholend, auf den Körpern angeord-

net werden, um bei der Formgebung in einer ausgewählten Rasterung wechselweise konkav eingezogene Sohlenbereiche und konvex ausgestülpte Scheitelsbereiche bildende Strukturen ausgeformt werden, wobei die eingetragenen Verformungskräfte durch die in der erzeugten Oberflächenstruktur gebildeten statischen Kräfte aufgenommen werden.

Die Erfindung ist sinnvoll ausgebildet, wenn die einwirkende Kraft kurzzeitig und impulsartig sowie in ihrer Tieferstreckung begrenzt, auf den Körper zur Einwirkung gebracht wird, wobei eine dauernde Formeinhaltung durch die Einwirkung der verformenden Kraft im Bereich einer elastischen Verformung erzielt wird, die in den partiellen Verformungsbereichen der konkav eingezogenen und konvex ausgestülpten Strukturen bis in den plastischen Bereich überführt wird.

Die Erfindung ist damit vorteilhaft ausgebildet, daß bei rotationssymmetrischen Körpern die einwirkenden Kräfte radial gerichtet, gleichwinklig und konzentrisch angeordnet, den Umfang des Körpers mit strukturierenden Verformungen versehen, zum Eingriff gebracht werden, wobei die Verformung sektorial auf die Oberfläche des Körpers, diesen in beiden Körperachsen gleichmäßig strukturierend, verlaufend vorgenommen wird. Eine sinnvolle Ausformung des erfindungsgemäßen Gedankens ist darin zu sehen, daß die Kräfte dynamisch in den Körper eingetragen werden und den Körper in einem gegen die Außenkontur gerichtet verlaufenden Arbeitsstoß, anhaltend und formbeständig, mit einer frei bestimmbar Struktur ausprägen. Das erfindungsgemäße Verfahren weist den Vorteil auf, daß jetzt mittels dynamisch und kurzzeitig einwirkender Kräfte eine Strukturierung, vorrangig eine Beulstrukturierung, auf insbesondere dünnwandige hohle Körper bzw. ebene monolitwandige Körper oder Materialbahnen vorgenommen werden kann. Das Einwirken der Kräfte, die berührungslos angreifen, ist in ihrer Einwirktiefe in das Material hinein begrenzt. Das Material wird vorteilhafterweise mittels eines dynamischen Kraftstoßes, der vektoriell begrenzt und gerichtet ist, ohne die Zuhilfenahme stützender Kerne oder Matrizen oder anderer Formunterlagen in den Werkstoff der Körper eingebracht. Die Besonderheit des Verfahrens gestattet es dabei, die Formstabilität der Struktur dadurch zu erreichen, daß die strukturierten Flächen in ihren Sohlen- und Scheitelsbereichen, also dort, wo die größte Verformung zu verzeichnen ist, in partiellen Materialbereiche plastisch, also bleibend verformt werden, und die einer geringeren Verformungsarbeit ausgesetzten Bereiche der Struktur elastisch verformt werden, die sich dann gegen die Scheitel- und Sohlenbereiche elastisch abstützen. Dadurch wird bei Anwendung des Verfahrens durch das in einer plastischen Verformung realisierte Auslenken des Materials in den Sohlen- und Scheitelsbereichen die Möglichkeit gegeben, daß die einer geringeren Verformungsarbeit ausgesetzten partiellen Teile der Struktur sich elastisch gegen die Sohlen- und Scheitelsbereiche der Struktur abstützen.

Das Verfahren ist sinnvoll ausgebildet, wenn das Rohr von einer Druckkammer umschlossen wird und die Druckkammer mit einem Druckmedium ausgefüllt, in einem kontinuierlich steigenden Druck ausgesetzt wird, der im inneren Druckbereich auf die Rohroberfläche zur Einwirkung gebracht wird, wobei die ringförmige Begrenzung der Druckkammer mit unter hohem Druck auf das Rohr gepreßten Druckringen hergestellt wird, innerhalb der ein Beulstrukturierter Rohrabchnitt mit gleichmäßig über dem Rohrumfang verteilten Beulen ausgebildet wird. Es ist eine Ausbildungsform der Erfindung, daß der von den Druckringen mit hohem Druck umschlossene Abschnitt des Rohres in einer gleichmäßig gekrümmten mit den Druckringen konzentrischen Form gehalten wird, wobei vorteilhafterweise in dem

Druckkörper mehrere Druckkammern in axialer Richtung nebeneinanderliegend angeordnet werden. In ausgebildeter Form zeigt die Erfindung, daß die Druckkammern durch ein Verschieben der Druckringe im Druckkörper in axialer Richtung des Rohres in ihrer Größe verändert werden, wobei durch ein Öffnen, der in zwei Halbschalen geteilten Druckkammer der Anpreßdruck der als Halbringe ausgebildeten Druckringe aufgehoben und das Rohr für eine Bewegung in eine veränderte Lage freigegeben wird.

Es ist ein Vorteil der erfinderischen Lösung und macht die Erfindung wirtschaftlich sehr wertvoll, daß jetzt eine Strukturierung erreicht werden kann, die sich annähernd selbst organisierend, ohne die Verwendung von aufwendigen Stützkernen oder Stützkonstruktionen eine Strukturierung gestattet, die formbeständig und kräftehomogen im Werkstück eingearbeitet werden kann. Die Erfindung ist weiterhin vorteilhaft ausgebildet, wenn die zu verformenden Körper, an welche das erfindungsgemäße Verfahren zur Anwendung gelangt, eine ebene und/oder gleichförmig gekrümmte Oberfläche aufweisen. Die Erfindung ist sinnvoll ausgeführt, wenn die zu verformenden Körper als Hohlkörper, einem Rohr, oder einem Hohlprofil beliebigen Querschnitts ausgebildet, einer Verformung unterzogen werden. Das Verfahren weiterführend, kann eine Verwendung der erfindungsgemäßen Lösung bei planparallel ausgebildeten Körpern einer geringen Wanddicke mit einer Oberflächenstruktur versehen, ausgebildet werden.

Die Erfindung ist vorteilhaft ausgeformt, wenn die Oberfläche ebener, planparalleler Körper mit einer reliefartigen Oberflächenstruktur versehen wird. Ausgebildet ist das Verfahren weiterhin damit, daß die Oberflächenstruktur unregelmäßig ausgeführt wird. Vorteilhafterweise ist es bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, Strukturen auszubilden, die in planparallelen und gleichmäßig gekrümmten Oberflächen bleibend eingearbeitet werden können. Dabei ist es aufgrund der Möglichkeit, die Strukturen berührungslos zu erzeugen jetzt gestattet Strukturformen auszubilden, die in sich unregelmäßig geformt sind. Diese Unregelmäßigkeit kann sich in einer flächenhaften Anordnung fortsetzen und so zu inhomogen Oberflächenstrukturen geführt werden. So ist es jetzt auch vorteilhaft möglich, gleichmäßige Strukturformen mit ungleichen zu paaren oder auch völlig homogen strukturierte Oberflächen auszubilden. Die Erfindung ist ausgestaltet, wenn die verformende Kraft berührungslos auf die zu strukturierenden Körperbereiche in einer vorgesehenen flächigen Aufteilung eingetragen werden. Vorteilhaft läßt sich dieses Merkmal mit dem vorstehend Gesagten verbinden, wobei hier nicht unerwähnt bleiben kann, daß bei einem Auslenken der berührungslos einwirkenden Kräfte aus ihrer axialen Richtung die Kontur der Struktur beliebig geformt werden kann, wobei die verformende Kraft als hochenergetische Kraft, insbesondere als hochenergetische Strahlen in den Körper eingetragen werden sollen. Die Erfindung in vorteilhafter Weise variierend, ist es möglich, die zu verformenden Kräfte aus hochgespannten flüssigen oder pneumatischen Medien auszubilden, die in den Körper eingetragen werden.

Der mitlesende Fachmann erkennt selbstverständlich unverzüglich, daß hier unter der Bezeichnung, in den Körper eingetragen, technisch immer nur das Einwirken der Kräfte auf die Oberfläche des Körpers zu verstehen ist. Jedoch ist die Wirkung des Verfahrens dadurch so vorteilhaft, daß nicht nur die Struktur durch die Verformungsarbeit schlechthin erzeugt wird, sondern daß diese Verformungsarbeit in einem Werkstück partiell unterschiedlich ist und plastische sowie elastisch sich verformende Bereiche erzeugt werden, die nach Abschluß der Verformungsarbeit ihre, durch die Verformung erhaltene Lage beibehalten. So ist es erfin-

dungsgemäß auch gestattet, daß Verfahren so auszuformen, daß die zur Strukturierung angreifenden Kräfte mit dem Einsatz mechanischer Mittel auf die zu strukturierenden Bereiche der Körper zur Wirkung gebracht werden, wobei erfindungsgestaltend, die mechanischen Mittel druckmittelbetriebene Kolben oder auch mit Gewinde versehene Spindeln sein können. Als die Erfindung ausbildend ist anzuführen, daß die Form der in den Körper eingetragenen Struktur eine sich über beide Körperachsen erstreckende regelmäßige und unterbrochene Ausbildung hat, wobei nach einer Ausbildungsform der Erfindung die Form der in den Körper eingetragenen Struktur, eine sich über eine der Körperachsen erstreckende, regelmäßige und unterbrochene Ausbildung hat.

Die Erfindung soll anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen:

Fig. 1 das Verfahren eines hydrostatischen Umformens, dargestellt an einer Anordnung im Schnitt I-I in Fig. 2;

Fig. 2 die Anordnung nach Fig. 1 in einer Seitenansicht;

Fig. 3 das Verfahren unter Anwendung des Umformens mit Flüssigkeitsstrahlen in einer Vorderansicht im Schnitt;

Fig. 4 das Verfahren unter Anwendung der elektromagnetischen Umformung in einer Vorderansicht, teilweise im Schnitt;

Fig. 5 das Verfahren unter Anwendung mechanischer Mittel zur Eintragung der Verformungskräfte in einer Vorderansicht;

Fig. 6 die Verfahrensdarstellung nach Fig. 5 in einer Seitenansicht;

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Kontur eines beulstrukturierten Abschnittes in axonometrischer Lage;

Fig. 8 das Verfahren unter Anwendung einer Druckkammer in Explosivdarstellung im Schnitt,

Fig. 9 die Darstellung gemäß Fig. 8 in einer Seitenansicht.

Fig. 1 zeigt eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Seitenansicht. Die Verfahrensdurchführung mit der Anordnung gestattet ein formfreies hydrostatisches Umformen von Körpern, die als rotationsymmetrische Werkstücke ausgebildet sind. Das rotationsymmetrische Werkstück, hier ein Rohr 1 ist als Rohrhaltzeug in einen Druckkörper 3 eingeschoben. Der Druckkörper 3 verfügt über konzentrisch angeordnete Düsenzylinder 5, die bewegbar im Druckkörper 3 angeordnet sind. Die Bewegungsrichtung der Düsenzylinder 5 ist durch die Richtungspfeile 10 dargestellt. Der Druckkörper 3 umschließt das Rohr 1 konzentrisch. Im Bereich der Stirnflächen des Druckkörpers 3 sind Verschlußringe 4 zwischen der Außenfläche des Rohres 1 und der Innenfläche des Druckkörpers 3 angeordnet. Sie verschließen den Zwischenraum zwischen dem Innendurchmesser des Druckkörpers 3 und dem Außendurchmesser des Rohres 1 und stellen seine konzentrische Lage im Druckkörper 3 her. Gleichzeitig bilden sie eine Ableitkammer 7, in welche die Düsen 6 der Düsenzylinder 5 hineinragen. Gemäß Fig. 2 ist dargestellt, daß die Düsenzylinder 5 in gleichmäßigen Abständen auf dem Umfang des Druckkörpers 3 angeordnet sind und mit ihren Düsen 6 auf die Längsmittachsen des Rohres 1 gerichtet verlaufen. Gemäß Fig. 2 sind sechs Düsenzylinder 5 ringförmig auf dem Umfang des Druckkörpers 3 verteilt. Die Düsen 6 sind mit einer Druckleitung 9 verbunden und werden durch diese Leitung mit unter Druck stehenden Arbeitsmedien versorgt. Die Düsenzylinder 5 mit den Düsen 6 sind bewegbar in Richtung der Richtungspfeile 10 im Druckkörper 3 eingefügt und werden zur Durchführung des Strukturierungsvorganges auf die Oberfläche des Rohres 1 bewegt. Bei der Strukturierung gibt die Düse 5 einen kurzen hochintensiven

Druckstrahl auf die Oberfläche des Rohres 1 ab und strukturiert partiell in diesem Bereich das Rohr 1 durch die Herstellung einer Beule 2. Durch die ringförmig, in gleichen Winkeln auf die Längsmittelnachse gerichteten Düsenzylinder 5 mit ihren Düsen 6 entsteht, bei gleichzeitigem Arbeitsvorgang aller Düsen 6 mit ihren Düsenzylindern 5, ein beulstrukturierter Ring auf dem Rohr 1. Der Druckstrahl der Düsen 6 ist so ausgebildet, daß er mit hoher Geschwindigkeit und großem Druck in einem kurzen Intervall auf die Rohroberfläche auftrifft und das Rohr 1 in diesem Bereich verformt. Durch die ringförmige Anordnung in gleichen Winkeln auf die Rohroberfläche auftreffender Druckstrahlen wird das Rohr 1 gleichmäßig belastet und die Ausbildung gleichgeformter Beulen 2 in einem Ring auf dem Rohr 1 erreicht. Es ist sinnvoll, wenn der Düsenzylinder 5 die Düse 6 in einem notwendigen Abstand 8 zur verformenden Rohroberfläche bewegt wird. Bei Ausbildung der Beule oder Beulen 2 vergrößert sich der Abstand 8 zwischen den Austrittsöffnungen der Düsen 5 und der Rohroberfläche und die erforderliche Druckintensität des Druckstrahles der Düse 6 auf den partiell zu strukturierenden Bereich wird abgeschwächt. Um diesen Nachteil zu vermeiden, ist es verfahrensgerecht, wenn der Düsenzylinder 5 in Richtung des Richtungs Pfeiles 10 sich bewegend der sich ausbildenden Beule 2 folgen kann und der Abstand 8 zwischen Düsenmündung und Rohroberfläche gleich bleibt. Damit wird eine sichere Formgebung der Beulstruktur erreicht. Die Druckkammer 3, in welche die Düse 6 hineinragt, ist an der Stirnseite durch die Verschlußringe 4 abgedichtet. Wenn auch der Druckimpuls des die Düse 6 verlassenden Druckstrahles, der auf die Rohroberfläche auftrifft, kurz und impulsartig ist, so würde das in diesem Arbeitsvorgang austretende Druckmedium die Ableitkammer 7 füllen und die Arbeitsintensität des Mediums behindern. Deshalb ist die Ableitkammer 7 verfahrensgemäß so bemessen, daß sie zum Einen durch das aufzufangende Druckmedium nicht gefüllt wird und die Druckwirkung des Mediums nicht bremst. Es ist selbstverständlich auch möglich, die Düse 6 mit dem Düsenzylinder 5 auf die Oberfläche des Rohres 1 zu bewegen, in dieser Stellung den Düsenzylinder 5 zu fixieren und durch einen kurzen, dynamischen Druckimpuls des Druckmediums eine ringartige Struktur gleichmäßig ausgebildeter Beulen 2 auf dem Umfang des Rohres 1 zu erzeugen.

Dem Fachmann ist mit dieser technischen Lehre an die Hand gegeben, daß es erforderlich ist, bei einer Beulstrukturierung ringförmige Beulstrukturen in einem Ring zu erzeugen, da das Rohr 1 sich durch die Einbeulungen verkürzt. Damit ist es technologisch nicht erforderlich, daß die Ableitkammer 7 mit den Verschlußringen 4 so weit wie nötig hermetisch abgedichtet wird und das Rohr 1 in den Verschlußringen 4 gleiten kann.

Dabei erscheint es notwendig, daß der Verschlußring 4, welcher der Bewegungsrichtung entsprechend dem Richtungs Pfeil 10 entlang der Längsmittelnachse des Rohres 1 nachlaufend angeordnet ist, den technologischen Anforderungen entsprechend ausgebildet ist, da dieser Verschlußring 4 über die Beulstrukturierung hinweg gesetzt werden muß, weil die Strukturierung in der dynamischen Art und Weise des Verfahrens Scheitelpunkte 28 und Sohlenpunkte 29 auf der strukturierten Oberfläche des Rohres 1 erzeugt und damit die Ebenförmigkeit und Formtreue der Rohroberfläche zerstört ist. Dem mitlesenden Fachmann wird entsprechend dem Grundsatz der technischen Lehre an die Hand gegeben, nun zu entscheiden, daß bei der Erzeugung mehrerer beulstrukturierter Ringe, die nebeneinander liegend, die gesamte Rohrlänge bedecken können, es nicht notwendig erscheint, Verschlußringe 4 anzuordnen, um eine geschlossene Ableitkammer 7 zur Anwendung zu bringen. Die

Verfahrensdurchführung, geprägt durch einen kurzzeitigen, hochintensiven Strukturierungsvorgang, initiiert durch einen zeitlich begrenzten, mit hohem Druck austretenden, partiell wirkenden punktuell auftreffenden Druckstrahl auf die Oberfläche des Rohres 1, bedarf bei dem Prägevorgang keiner großen Menge an Druckmedium, welches aus der Düse 6 austritt, da die Düse 6 zur punktuellen Strukturierung einen scharf gebündelten dünnen Strahl kurzzeitig, also mit geringem Mediumvolumen, auf die Rohroberfläche abgibt. Die geringe Medienmenge kann frei und beruhigt aus dem Druckkörper 3 austreten und abgeleitet werden. Die wahlweise in Richtung auf die Längsmittelnachse verschieblichen Druckzylinder 5 gewährleisten dabei eine präzise Justierung des Düsenabstandes zur Rohroberfläche. Durch das Weglassen der Verschlußringe 4 ist eine gute Abführung des nun drucklos anstehenden Druckmediums aus der Ableitkammer 7 gewährleistet. Die jetzt offene Ableitkammer 7 mit dem im größeren Abstand das Rohr 1 umschließenden Druckkörper 3 gewährleistet weiterhin, daß der Druckkörper 3 mit den Aggregaten Düsenzylinder 5, Düsen 6 in Längsrichtung des Richtungs Pfeiles 10 über die Rohroberfläche hinweggeführt werden kann, ohne daß das Rohr 1 in Richtung seiner Längsmittelnachse lagebeweglich an den Düsen 6 vorbeigeführt werden muß, um aufeinanderfolgende beulstrukturierte Ringe 1 erzeugen zu können. Jetzt ist es auch möglich, das Rohr in einer Verdrehung um seine Längsachse, d. h. in einer begrenzten Rotationsbewegung, die Beulstrukturierung so herzustellen, daß die Beulen eines jeden Ringes, versetzt auf Lücke gegeneinander hergestellt werden können. Auch ist es damit gestattet, die Abstände der Beulringe variabel zu gestalten und damit partielle Gruppen von strukturierten Oberflächenbereichen mit Bereichen einer Glattmanteloberfläche abwechselnd herzustellen. Der mit den technischen Gegebenheiten vertraute Fachmann erkennt, daß es verfahrensgemäß ohne weiteres möglich ist, den Druckkörper lagegerecht zu fixieren und das Rohr 1 konzentrisch durch den Druckkörper 3 zu führen und dabei das Verfahren durchzuführen.

Fig. 2 zeigt, daß die Beulen 2 in ihren Sohlenbereichen 29 in gleichmäßigen Abständen homogen verteilt in den Innenraum des Rohres 1 ragen. Der mitlesende Fachmann versteht selbstverständlich, daß die Scheitelpunkte 28 der Strukturierung zeichnerisch nicht darstellbar sind, aber entsprechend der Verfahrensdurchführung bei der dynamischen Strukturgebung auf jeden Fall vorhanden sein müssen, da das Rohr 1 von seiner Oberfläche aus jetzt durch einen intensiven Druckstoß partiell nach innen gedrückt wird, und bei dieser Bewegung der Oberflächenpartie im Scheitelbereich 28 eine intensive Verformung erfolgt, welche das Material in seiner Struktur bis in den Bereich einer plastischen Verformung beansprucht und die Sohlenbereiche 29 der Beulstruktur sich gegen die plastisch verformten Bereiche, deren Elastizität wieder hergestellt ist, statisch abstützen, die Beulform halten und damit eine Stabilisierung der gesamten Beulstruktur hier in gleichförmig gebildeten Beulringen erhalten.

Fig. 3 zeigt eine Ausbildungsform des Verfahrens. Gemäß dieser Verfahrensdurchführung ist einem horizontal angeordneten Rohr 11 beliebiger Länge ein Düsenring 13, das Rohr 11 in konzentrischer Lage umfassend, zugeordnet. Der Düsenring 13 ist in seinem, auf die Rohroberfläche gerichteten Innenbereich mit Düsen versehen, die einen Profilierungsstrahl 15 auf die Oberfläche des Rohres 11 richten. Konzentrisch zum Rohrinnenraum und zur Lage der Längsmittelnachse des Rohres 11, gleichlaufend ist ein Innenrohr 14 angeordnet, aus dem durch Düsenöffnungen Stützstrahlen 16 auf die inneren Oberflächen des Rohres 11 gerichtet werden. Zur Profilierung von ringförmigen Beulstrukturen

mit auf dem Umfang des Rohres 11 gleichmäßig verteilten Beulen 12 ist es erforderlich, daß der Düsenring 13 eine der Beulenzahlen des Beulringes entsprechende Zahl an Profilierungsstrahlen 15 aufweist. Gemäß dem Ausführungsbeispiel entsprechend der Verfahrensdurchführung nach Fig. 1 ist eine Aufteilung von sechs Beulen auf dem Rohrumfang vorgesehen. Die Profilierungsstrahlen 15 des Düsenringes 13 treten in gleichmäßig aufgeteilten Abständen aus den Innenflächen des Düsenringes 13 aus und sind auf die Oberfläche des Rohres 11 gerichtet. Die Arbeitsrichtung der Profilierungsstrahlen 15 ist auf die Längsmittelnachse des Rohres 11 eingestellt und gestattet eine gleichmäßig verteilte partiell strukturierende Wirkung auf das Rohr 11. Die Arbeitsintensität der Profilierungsstrahlen 15 ist so ausgebildet, daß ihre Einwirkzeit sehr kurz ist und mit hohem Druck, schlagartig verformend, auf die Oberfläche des Rohres 11 einwirkt. Die partielle Wirkung der Profilierungsstrahlen 15 konzentriert sich dabei punktförmig auf die Sohlenbereiche 29 der Beulstruktur. Um die Längserstreckung der auszubildenden Beulen 12 beeinflussen zu können, werden aus dem Innenrohr 14 Stützstrahlen 16 auf die Innenflächen des Rohres 11 gerichtet. Dabei sind die Stützstrahlen 16 im gleichen Abstand zu dem Aktionspunkt 30 der Profilierungsstrahlen 15 angeordnet und treffen in den Scheitelbereichen der Längsausdehnung der Beulen 12, im Innenraum wirksam werdend, auf. Da die Stützstrahlen 16 den Aktionsdruck der Profilierungsstrahlen 15 partiell einschränken sollen und nur in bestimmten Fällen profilierend wirksam werden müssen, ist ihr Druck und ihr Arbeitsimpuls der Intensität und dem Impulsverlauf des Profilierungsstrahls 15 angepaßt. D.h., daß die Stützstrahlen 16 gleichzeitig, die Arbeitswirkung des Profilierungsstrahls 15 unterstützend, zur Wirkung gebracht werden, aber in ihrem Druck nicht größer sind als der Druck der Profilierungsstrahlen 15.

Es ist anhand dieses Ausführungsbeispiels erkennbar, daß der Verfahrensverlauf, betrachtet am sicheren Verfahrensregime der grundsätzlich dynamisch und kurzzeitig einzusetzenden Verformungskraft in Richtung auf das Rohr 11 und unter Betrachtung der Herausbildung sich selbst haltender Beulstrukturen dadurch noch sicherer in der Wirkung gestaltet wird, daß Stützstrahlen 16 die Lage und Form der auszubildenden Beulen 12 bzw. Beulstrukturen dimensionssicher in ihrer Breite und Lage der Scheitelpunkte 29 gestalten lassen. Es ist jetzt erkennbar, daß das Verfahren seine sichere Durchführung erreicht, wenn die Stützstrahlen 16 zeitversetzt die späteren Scheitelbereiche der Außenkonturen der Beulringe halten und für die Einwirkung des dynamisch auftreffenden Profilierungsstrahls 15 auf den Aktionspunkt 30 der Beulen 12 sichern. Die Variationsbreite des Verfahrens findet auch darin ihren Ausdruck, daß die Gegenkraft der Stützstrahlen 16 zeitgleich und impulsartig als Reaktion auf den schlagartig auftretenden Verformungsdruck des Profilierungsstrahls 15 ihre Verwendung finden und damit das Strukturprofil 16 homogen gestalten helfen.

Das Verfahren wird bisher an rotationssymmetrischen Körpern zur Anwendung gebracht. Der Grundsatz des Verfahrens, kurzzeitig und partiell intensiv, einen Verformungsdruck auf die Oberfläche dünnwandiger Körper zu erzeugen und diesen damit im Rahmen einer Beulstruktur zu prägen, ist in Fig. 4 in einer Ausführungsart dargestellt. Dabei ist auf einem Tisch 18 eine Platine 22 aufgelegt. Die Platine 22 kann ein dünnwandiges Blech oder ein andersartig parallel symmetrisch ausgebildeter Körper sein. In der dargestellten Ausführung handelt es sich um ein Blech mit geringer Dicke, das auf einem Tisch 18 aufliegt, in dem ein Gesenk 19 ausgebildet ist. Das Gesenk 19 hat die Form der verfahrensgemäß einzubringenden Struktur, hier einer Beule 20. Die Platine 22 wird in Richtung des Pfeiles 21 über den

Tisch 18 bewegt und gelangt unter eine Magnetspule 17, die genau über dem Gesenk 19 positioniert ist. Durch die Einwirkung des durch die Magnetspule 17 erzeugten magnetischen Impulses wird die Platine 22 sich verformend in das Gesenk 19 gedrückt. Die Verformung geht partiell vor sich, so daß durch die angenommene Verkürzung der Platine 22 in beiden Richtungen und durch den Verlust ihrer planparallelen Ausbildung nur ein Gesenk 19 und eine Magnetspule 17 zur Anordnung gelangen. Die Platine 22 kann zur Erzeugung von Beulstrukturereihen in Richtung des Richtungspfeiles 21 bewegt werden. Dabei verläßt die Beule 20 das Gesenk 19 und gelangt in einen tiefer gesetzten Teil des Tisches 18, der so abgesetzt ist, daß er die konvexe Form der Beule 20 unter Beachtung der gleichmäßigen Ebene der Platine 22 aufnimmt. So ist es jetzt möglich, in Richtung des Pfeiles 21 die Platine 22 vorwärts zu bewegen und eine Reihe von Beulen 20 auf der planparallelen Platine 22 zu erzeugen. Durch ein gleichmäßiges Verrücken der Platine 22 in der Richtung des Pfeiles 21 kann eine gleichmäßige Struktur erreicht werden. Beim ungleichmäßigen Verrücken bildet sich eine heterogene ungleichmäßig beabstandete Beulstruktur aus.

Dem mitleidenden Fachmann ist es jetzt an die Hand gegeben, daß durch ein Bewegen der Platine 22 in die Tafelebene hinein, eine auf die ursprüngliche Reihe von Beulen 20 gerichtete Struktur geprägt werden kann. Dazu ist die Platine 22 lediglich in Richtung der Tafelebene oder entgegengerichtet dazu, zu bewegen. Dafür sind die technologischen Voraussetzungen auf dem Tisch 18 vorhanden (nicht dargestellt), um die konvex ausgeformten Bereiche der Beulen 20 satt aufliegen zu lassen. Der Magnetstoß erfolgt bei den Profilierungsstrahlen 15 gemäß den Ausführungsarten der Fig. 1 bis 3 kurzzeitig, dynamisch intensiv und mit hohem Druck. Das Verfahren ist in seiner Durchführung auch dann erfüllt, wenn es sich bei dem Tisch 18 um eine gitterstrukturierte Platte handelt, deren Gitteröffnungen den später zu erzeugenden Beulstrukturierungen auf der Platine 22 entsprechen. Dabei kann die Platine 22 vollständig aufliegen und die Magnetspule 17 wird jeweils über der Platine 22 gehalten, zentrisch über eine der Gitteröffnungen bewegt. Über dem Bereich der Gitteröffnungen zentriert, gibt die Magnetspule 17 den magnetischen Druck kurzzeitig und dynamisch intensiv auf die Platine 22 ab und formt sie in die Öffnung hinein. Dabei wirkt die Öffnung wie das Gesenk 19. Es ist ein Vorteil dieser Variation der Ausführungsart nach Fig. 4, daß die Platine 22 nicht entlang ihrer großen Achsen bewegt zu werden braucht. Das Verfahren kompliziert gestaltet das genaue Anfahren des Öffnungszentrums des Gitters auf der Gitterplatte durch die Magnetspule 17 und deren zentrische Positionierung.

Die Fig. 5 und 6 des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigen eine weitere Ausgestaltungsart. Gemäß dieser Gestaltung ist eine Einbringung des Druckes mittels eines Werkzeuges vorgesehen, daß die Druckeinwirkung nicht wie bei den vorhergehend dargestellten Ausführungsarten berührungslos, sondern mit Berührung eines Stößels 25 erfolgt. Zur Durchführung dieser Verfahrensvarianz ist ein Rohr 1 konzentrisch in einem Druckkörper 3 angeordnet. Beispielförmig sind Verschlußringe 4 zur Zentrierung des Rohres 1 im Druckkörper 3 vorgesehen. Die Verwendung von Verschlußringen 4 ist nur dann verfahrenswirksam, wenn Beulen 2 nur in einem Ring, das Rohr 1 strukturierend, eingearbeitet werden sollen. In dem Fall, wenn mehrere Ringe das Rohr 1 strukturierend, angeordnet werden soll, d. h. dann, wenn der Druckkörper 3 sich in Richtung der Längsachse des Rohres 1 über dem Rohr bewegt wird oder auch, wenn sich das Rohr in konzentrischer Lage der Richtung seiner Längsachse folgend, durch den Druckkörper 3 bewegt, kann

auf die Verwendung von Verschlußringen 4 zur Zentrierung des Rohres 1 verzichtet werden, weil die Stößel 25 gleichmäßig auf dem Umfang des Rohres 1 verteilt, bei einer homogenen Druckausübung das Rohr 1 selbsttätig bei dem Strukturierungsvorgang, also bei dem Eindringen der Beulen 2 in das Rohr 1, zentrieren. Der Verfahrensverlauf wird so gestaltet, daß das Rohr 1 in den Druckkörper 3 eingefahren und in eine konzentrische Lage zu diesem gebracht wird. Zur Durchführung des Strukturierungsvorganges sind sechs Druckzylinder 23 in gleichmäßigem Abstand auf dem Umfang des Druckkörpers 3 angeordnet. Ihre Kolben 24 sind mit Stößeln 25 verbunden und bewegen bei Einlassen des Druckes über eine Druckleitung 26 den Kolben 24 mit den Stößeln 25 gegen die Oberfläche des Rohres 1. Die Bewegung erfolgt in Richtung des Richtungspfeiles 31 bis zur Anlage auf dem Rohr 1. Sind die Stößel 25 auf dem Rohr 1 zur Anlage gebracht, werden kurzzeitig und mit hohem Druck die Kolben 24 im Druckzylinder 23 durch die Druckleitung 26 beaufschlagt und die Stößel 25 in das Rohr 1 getrieben. Dabei erfolgt der gleiche Vorgang wie bei der berührungslosen Verformung, daß im Bereich der Scheitelbereiche 28 eine kurzzeitige plastische Verformung hervorgerufen wird, welche die Sohlenbereiche 29 der Beule 2 in ihre unteren Bereiche gelangen läßt und nach Beendigung des plastischen Zustandes der Materialstruktur der Scheitelbereiche 28, den Sohlenbereich 29 in seiner unteren Lage hält. Der bereits zitierte Aktionspunkt 30 ist bei dieser Verfahrensart der Anlagepunkt des Stößels 25. Der Stößel 25 wird dabei nur soweit bewegt, wie unter Beachtung der Rückstellkraft des Sohlenbereiches 29 der Beule 2 die Beultiefe eingehalten werden soll. Fig. 6 zeigt die Anordnung in einer Seitenansicht mit sechs gleichmäßig auf dem Umfang des Druckkörpers 3 verteilten Druckzylindern 23. Es versteht sich von selbst, daß jeder Druckzylinder 23 über eine eigene Druckleitung 26 verfügt, die den Verformungsdruck auf den Kolben 24 ausübt. Es wird hier nicht verkannt, daß dieses Verfahren Unsicherheiten aufweist, die durch die Trägheit des Druckmediums im Zylinderbereich des Druckzylinders 23 begründet sind. Dazu ist jedem Zylinder eine Ableitung 26' zugeordnet, welche in dem drucklosen Bereich des Druckzylinders 23, zusätzlich zu dem Druck des Mediums im Druckbereich ein Vakuum erzeugt und damit die dynamische Geschwindigkeit des Kolbens 24 erhöht sowie seine Wegbegrenzung ermöglicht. Der Arbeitsweg des Kolbens 24 kann durch das untere Ende des Druckzylinders 23 begrenzt sein. Dadurch ist eine hinreichend genaue Strukturtiefe der Beule 2 zu erreichen. Die Anordnung der Beulen 2 im Bereich der Druckzylinder 23 im Rohr 1 ist aus der Fig. 6 zu erkennen.

Es ist entnehmbar, daß die Einbringung der Strukturierung auf den Werkstücken, gleichwohl ob es sich um ein rotationssymmetrisches oder ein planparalleles Werkstück oder Halbzeug handelt, welches durch eine Strukturierung zu einem Produkt geformt werden soll, immer nur partiell so ausgebildet wird, daß die Veränderung seiner Erstreckung in Richtung der großen Körperachsen beachtet wird. D.h., daß sich rotationssymmetrische sowie planparallele Körper durch die Beulstrukturierung gegenüber ihren ursprünglichen Dimensionen verändern. Das trifft nicht nur auf die gewollte Beulstrukturierung zu, sondern beinhaltet auch die gleichzeitig damit einhergehende Verkürzung der Werkstücke in ihren ursprünglichen Körperlängen. Bezeichnend ist für das Verfahren seine Grundsätzlichkeit, die darin ihren Ausdruck findet, daß durch eine dynamische, kurzzeitig wirksame, unter hohem Druck eines Mediums betriebene Verformungsarbeit, Oberflächen von Körpern bleibend verformt werden, wobei die Verformungsarbeit im Bereich von plastischen und elastischen Verformungsarten kombiniert ist

und nach Abschluß der plastischen Verformung in partiellen Bereichen die gesamten Strukturbereiche in Form einer elastischen Verformungsstruktur beharren. Der Zustand wird dadurch erreicht, daß sich die Sohlen- und Scheitelbereiche 29; 28 der Beulen 2; 12; 20 sich gegenseitig stützen und einen statischen Zustand erreichen.

Die Fig. 7 zeigt einen Rohrabschnitt 27, dessen neutrale Wandlinie 32 durch Sohlen- und Scheitelbereiche 29; 28 profiliert ist. Der betrachtende Fachmann erkennt hier, daß die Scheitelbereiche 28 mit ihren prägnanten Krümmungen, den Bereich der beim Strukturierungsvorgang einstweilig plastisch verformten Partien darstellen und die Sohlenbereiche 29 elastisch, mit sanften Linien verformt, sich gegen die Scheitelbereiche 28 abstützend, die Beulstrukturierung formstabil ausbilden.

Gemäß Fig. 8 ist das Rohr von einem Druckkörper 3 umschlossen, der in zwei Halbschalen geteilt, ausgeführt wird. Im Druckkörper 3 ist eine Druckkammer 35 ausgebildet, welche durch eingefügte Druckringe 37 in mehrere Druckkammern 35 unterteilt werden kann. Die Druckringe 37 sind in axialer Richtung beweglich und als Halbringe gestaltet, sie lassen durch ihre Beweglichkeit die Herstellung veränderlicher Größen der Druckkammern 35 zu. Ein Druckring 36, an beiden Stirnflächen der Halbschalen des Druckkörpers 3 vorgesehen, ist unbeweglich und bildet die seitliche Begrenzung der Druckkammer 35, die durch die Druckringe 37 im Inneren des Druckkörpers 3 eingegrenzt werden. Die beiden Halbschalen des Druckkörpers 3 werden durch eine Bewegung in Richtung der Richtungspfeile 33 in eine Funktionslage gebracht, um das Rohr 1 herumgelegt und fest miteinander verbunden. Dabei werden die Druckringe 37 mit ihren Innenflächen mit hohem Druck auf das Rohr 1 gepreßt, in eine unverschiebbliche Lage gebracht und formen die Druckkammer 35 im Inneren des Druckkörpers 3 aus. Nach Erreichen der Bestimmungslage und Größe der Druckkammer 35 wird durch eine Bohrung 34 ein Druckmedium in die Druckkammer 35 geleitet und füllt diese mit ständig steigendem Druck aus. Der Druck wird solange erhöht, bis sich eine ringförmige Strukturierung des von der Druckkammer 35 umschlossenen Rohrabschnittes einstellt. Der mitlesende Fachmann versteht bei Betrachtung der für die Durchführung des Verfahrens ausgewählten Vorrichtung, daß sich der Druck in der Druckkammer 35 um den Rohrabschnitt herum gleichmäßig aufbaut. Das Verfahren sichert damit, daß die Selbstorganisation der die Struktur ausbildenden Beulen 2 gleichmäßig in ihrer Lage und Größe erfolgt. Die Begrenzung der Beulen 2 in axialer Richtung des Rohres 1 erfolgt durch die Druckringe 36; 37, die mit hohem Druck auf die Rohroberfläche gepreßt werden. Durch den hohen Anpreßdruck wird eine Scheitelbildung der Beule 2 im Bereich der Auflage der Druckringe 36; 37 unterbunden und in den inneren, in der Druckkammer 35 liegenden Kantenbereich der Druckringe 36; 37 zwangsverlagert. Die Strukturierung wird auch dadurch in eine Beulenform gezwungen, daß die Druckringe 36; 37 ein Ausweichen des Rohrmantels aus der gleichförmig gekrümmten Form unterbinden und nicht zulassen, daß eine axial durchgehende Faltenbildung des Rohres 1 erfolgt. Wenn die Einbeulung abgeschlossen ist, sinkt der Druck linear mit der Größe der Beulstrukturierung ab. Das Absinken des Druckes erfolgt schlagartig, da die Beulen 2 innerhalb kürzester Zeit sich nach innen wölben und das Volumen der Druckkammer 35 sich vergrößert, das Druckmedium sich entspannt und der Druck schlagartig absinkt. Ist dieser Zustand erreicht, dann ist der Strukturvorgang abgeschlossen. Es ist in der Verfahrensdurchführung möglich, in einem Druckkörper 3 mehrere Druckkammern 35 anzuordnen. Um den nachteiligen Vorgang der Längenverkürzung des Rohres 1

durch die Beulen 2 auszugleichen, sind die Druckringe 37 an den Flächen, mit denen sie an der Innenwand des Druckkörpers 3 anliegen, verschieblich ausgebildet und können damit bei einem Arbeiten mit mehreren Druckkammern 35 in einem Druckkörper 3 den axialen Bewegungen des Rohres 1 folgen. Durch diesen Verfahrensschritt ist es möglich entweder alle vorhandenen Druckkammern 35 gleichmäßig mit Druck zu beaufschlagen und das Rohr 1 zu strukturieren oder auch aufeinanderfolgend die Druckkammern 35 in eine Funktionslage zu versetzen, in dem diese nacheinander unter Druck gesetzt werden.

Der Verfahrensverlauf läßt für den Fachmann erkennen, daß die Herstellung der Struktur durch die sich jetzt selbst organisierenden Beulen 2 schlagartig erfolgen muß. Damit ist der Grundsatz des Verfahrens im Rahmen einer Selbstorganisation der Struktur, gleichförmige Strukturen zu erhalten, erfüllt, weil ausführungsgemäß beim Erreichen des notwendigen Arbeitsdruckes, wie bereits dargestellt, sich die Strukturierung schlagartig selbst einstellt. Bei dieser Selbsteinstellung eines strukturierten Ringes läuft der gleiche Vorgang ab wie bei einer dynamischen, punktuellen Strukturierung, weil der Druck, stetig aufgebaut, über mehrere Arreststellen bis zum Nenndruck geführt, eine Ausbildung der Beulstruktur erzeugt, die in den Scheitelbereichen 29 über eine zeitweilige plastische Verformung eine Selbststützung aller Beulenelemente im Rahmen der sich vollständig einstellenden, durchgängigen elastischen Verformung aller Bereiche erreicht ist.

Wenn die Bereiche strukturiert sind, wird das Druckmedium aus den Druckkammern 35 entfernt und die Druckkammer 35 in Richtung des Richtungspfeiles 33 geöffnet. Jetzt kann das Rohr 1 für die Strukturierung eines weiteren Beulabschnittes weiterbewegt und die Druckkammer 35 wieder geschlossen werden.

Bezugszeichenliste

- 1; 11 Rohr
- 2; 12; 20 Beule
- 3 Druckkörper
- 4 Verschlussring
- 5 Düsenzylinder
- 6 Düsen
- 7 Ableitkammer
- 8 Düsenabstand
- 9 Druckleitung
- 10; 10'; 21; 31; 33 Richtungspfeil
- 13 Düsenring
- 14 Innenrohr
- 15 Profilierungsstrahl
- 16 Stützstrahl
- 17 Magnetspule
- 18 Tisch
- 19 Gesenk
- 22 Platine
- 23 Druckzylinder
- 24 Kolben
- 25 Stößel
- 26 Druckleitung
- 26' Ableitung
- 27 Rohrabschnitt
- 28 Scheitelbereich
- 29 Sohlenbereich
- 30 Aktionspunkt
- 32 neutrale Wandlinie
- 34 Bohrung
- 35 Druckkammer
- 36, 37 Druckring

Patentansprüche

1. Verfahren zur Formgebung von dünnwandigen Körpern durch eine strukturierende Umbildung ihrer gleichmäßig ausgebildeten Oberflächenkontur unter Anwendung partiell auf den Körper gerichteter Kräfte, bei dem die Krafteintragung, auf einen ausgewählten sektoriellen Bereich des Körpers gelenkt, in diesen in ihrer Größe sowie vektoriellen Erstreckung soweit hineingeführt und solange gehalten wird, die erforderlich ist, die partielle Formgebung in der vorgesehenen Kontur zu vollenden, wobei nach einem Zurücknehmen der verformenden Kraft die Rückstellkraft in der Kontur der verformten Körperpartie vom Körper bleibend aufgenommen wird, daß die sektoriellen Bereiche sich wiederholend auf den Körpern angeordnet werden und bei der Formgebung in einer ausgewählten Rasterung wechselweise konkav eingezogene Sohlenbereiche und konvex ausgestülpte Scheitelbereiche bildende Strukturen ausgeformt werden, wobei die eingetragenen Verformungskräfte durch die in der erzeugten Oberflächenstruktur gebildeten statischen Kräfte aufgenommen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die einwirkende Kraft kurzzeitig und impulsartig sowie in ihrer Tiefenerstreckung begrenzt, auf den Körper zur Einwirkung gebracht wird, wobei eine dauernde Formeinhaltung durch die Einwirkung der verformenden Kraft im Bereich einer elastischen Verformung erzielt wird, die in den partiellen Verformungsbereichen der konkav eingezogenen und konvex ausgestülpten Strukturen bis in einen plastischen Bereich überführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei rotationssymmetrischen Körpern die einwirkenden Kräfte radial gerichtet, gleichwinklig und konzentrisch angeordnet, den Umfang des Körpers mit strukturierenden Verformungen versehen, zum Eingriff gebracht werden, wobei die Verformungen sektorial auf der Oberfläche des Körpers, in beiden Körperachsen diesen gleichmäßig strukturierend, verlaufend angeordnet werden.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kräfte dynamisch in den Körper eingetragen werden und den Körper in einem, gegen die Außenkontur gerichtet verlaufenden Arbeitsstoß, anhaltend und formbeständig, in einer frei bestimmbar Struktur, ausprägen.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verformenden Körper eine ebene und/oder gleichförmig gekrümmte Oberfläche aufweisen.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zu verformenden Körper als Hohlkörper, wie einem Rohr, einem Hohlprofil beliebigen Querschnitts, ausgebildet, einer Verformung unterzogen werden.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ebene, planparallel ausgebildete Körper einer geringen Wanddicke, mit einer Oberflächenstruktur versehen, ausgebildet werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen ebener, planparalleler Körper mit einer reliefartigen Oberflächenstrukturierung versehen werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7 und 8, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die Oberflächenstrukturierung unregelmäßig ausgeführt wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die verformenden Kräfte berührungslos auf die zu strukturierenden Körperbereiche in einer vorgesehenen flächigen Aufteilung eingetragen werden. 5

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die verformenden Kräfte, als hochenergetische Strahlen ausgebildet, an den Körper herangetragen werden. 10

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die verformenden Kräfte, aus hochgespannten flüssigen oder pneumatischen Medien gebildet, in den Körper eingetragen werden. 15

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die verformenden Kräfte mit dem Einsatz mechanischer Mittel auf die zu strukturierenden Bereiche der Körper zur Wirkung gebracht werden. 20

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die als mechanische Mittel druckmittelbetriebene Kolben oder gleichartig wirkende Mittel zum Einsatz gebracht werden.

15. Verfahren nach den vorangegangenen Ansprüchen 1 bis 8 sowie 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der in die Körper eingetragenen Struktur eine sich über beide Körperachsen erstreckende, regelmäßige und unterbrochene Ausbildung hat. 25

16. Verfahren nach den vorangegangenen Ansprüchen 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Form der in die Körper eingetragenen Struktur eine sich über eine der Körperachsen erstreckende, regelmäßige und unterbrochene Ausbildung hat. 30

17. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr ringförmig von einer Druckkammer umschlossen wird, daß die Druckkammer mit einem Druckmedium ausgefüllt und einem kontinuierlich steigenden Druck ausgesetzt wird, der im inneren Ringbereich auf die Rohroberfläche zur Einwirkung gebracht wird, daß die ringförmige Begrenzung der Druckkammer mit unter hohem Druck auf das Rohr gepreßten Druckringen hergestellt wird, innerhalb der ein beulstrukturierter Rohrabschnitt, mit gleichmäßig über den Rohrumfang verteilten Beulen, ausgebildet wird. 40

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der von den Druckringen mit hohem Druck umschlossene Abschnitt des Rohres in einer gleichmäßig gekrümmten, mit den Druckringen konzentrischen Form gehalten wird. 50

19. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Druckkörper mehrere Druckkammern, in axialer Richtung nebeneinander liegend, angeordnet werden.

20. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckkammern, durch ein Verschieben der Druckringe im Druckkörper in axialer Richtung des Rohres, in ihrer Größe verändert werden. 55

21. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß durch ein Öffnen der in zwei Halbschalen geteilten Druckkammer der Anpreßdruck, der als Halbringe ausgebildeten Druckringe, aufgehoben und das Rohr für eine Bewegung in eine veränderte Lage freigegeben wird. 60

65

- Leerseite -

Fig. 1

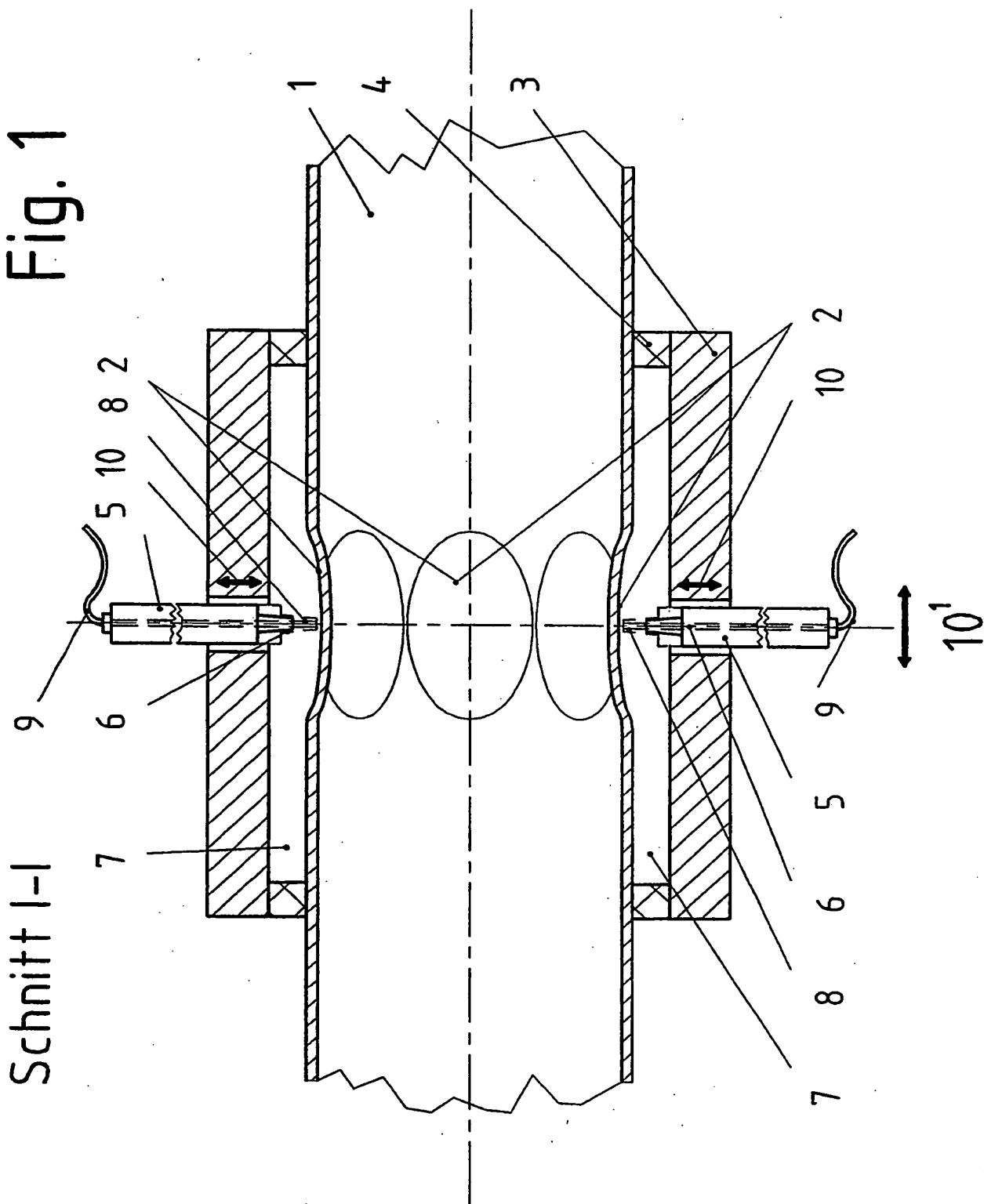
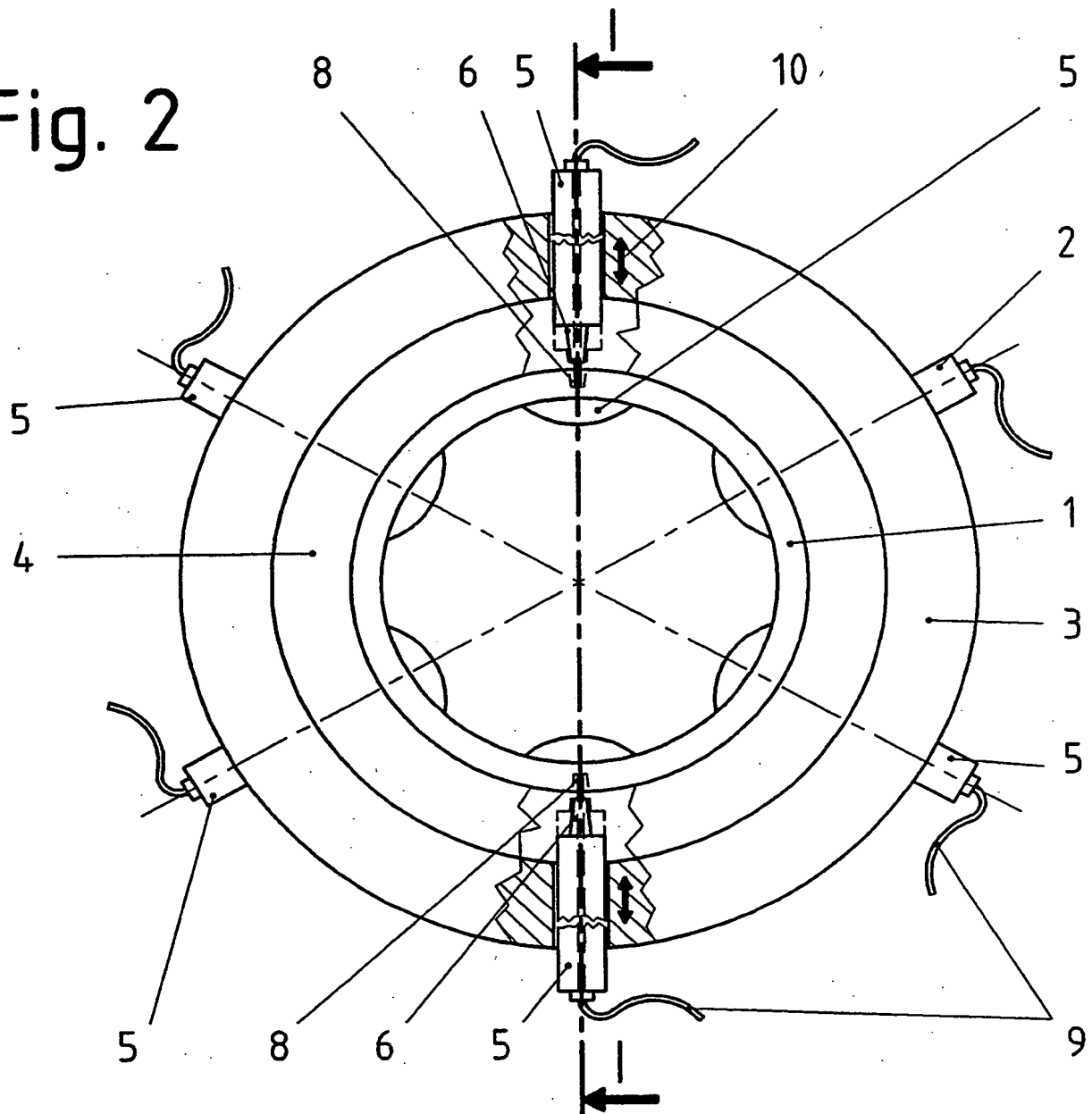


Fig. 2



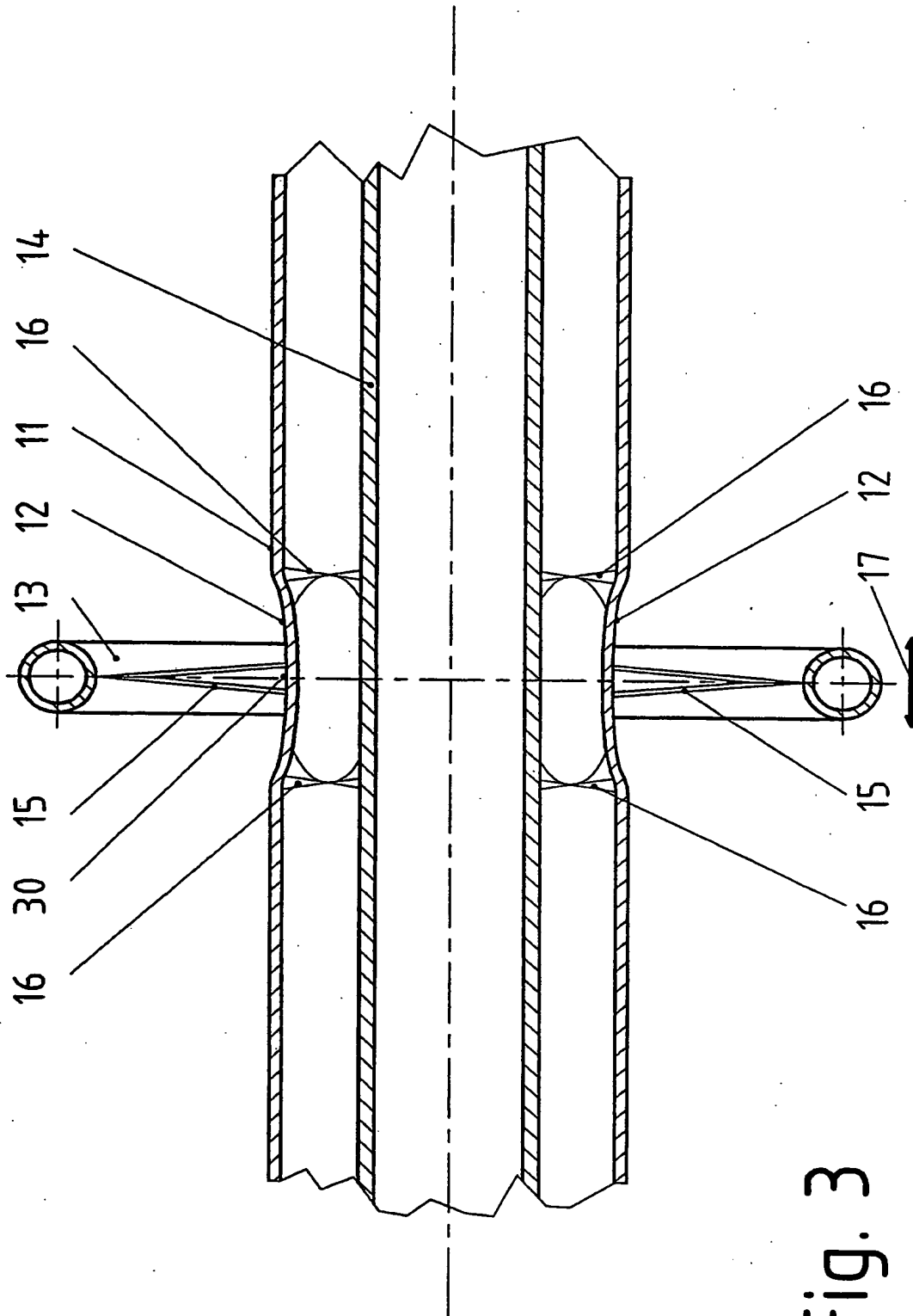


Fig. 3

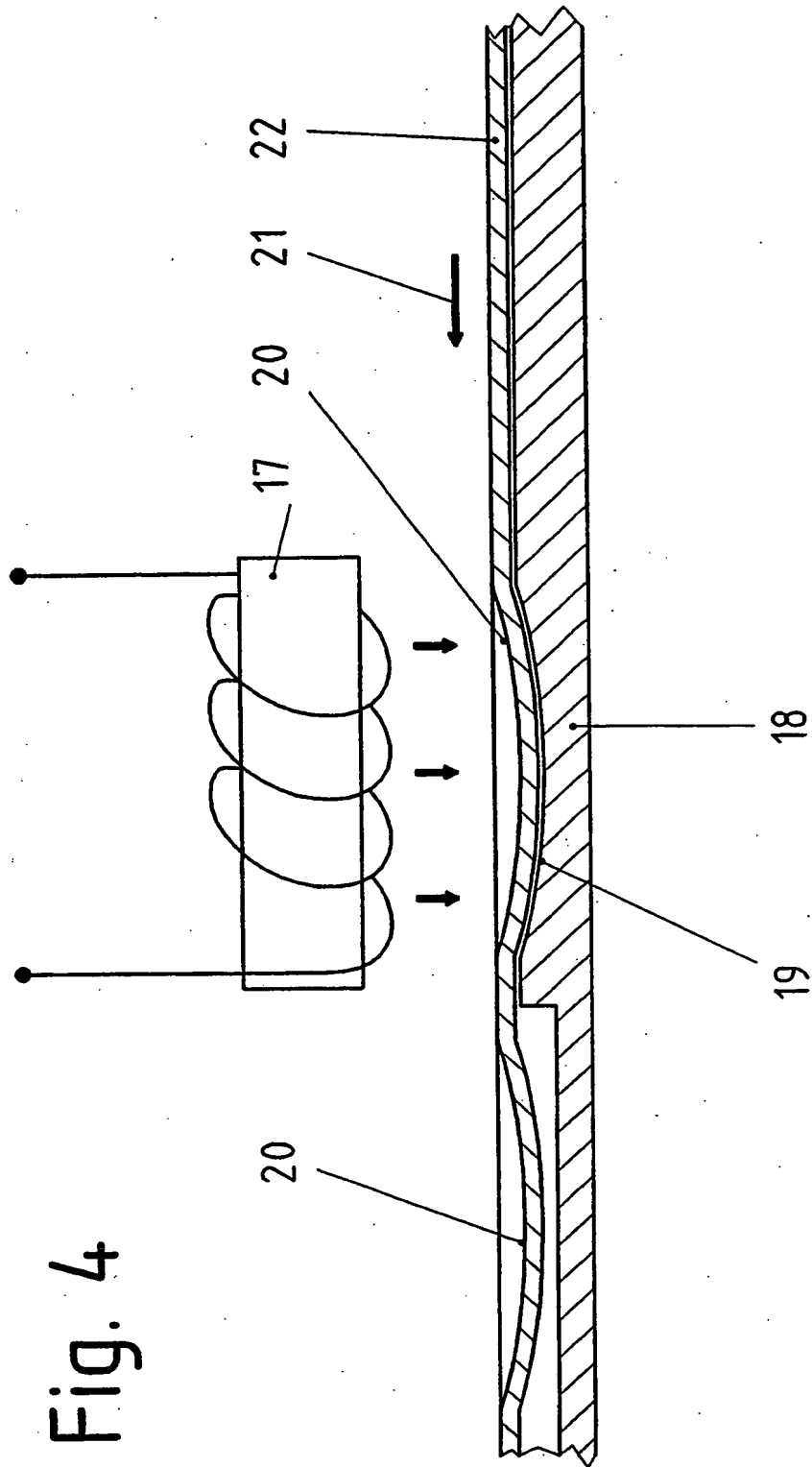


Fig. 4

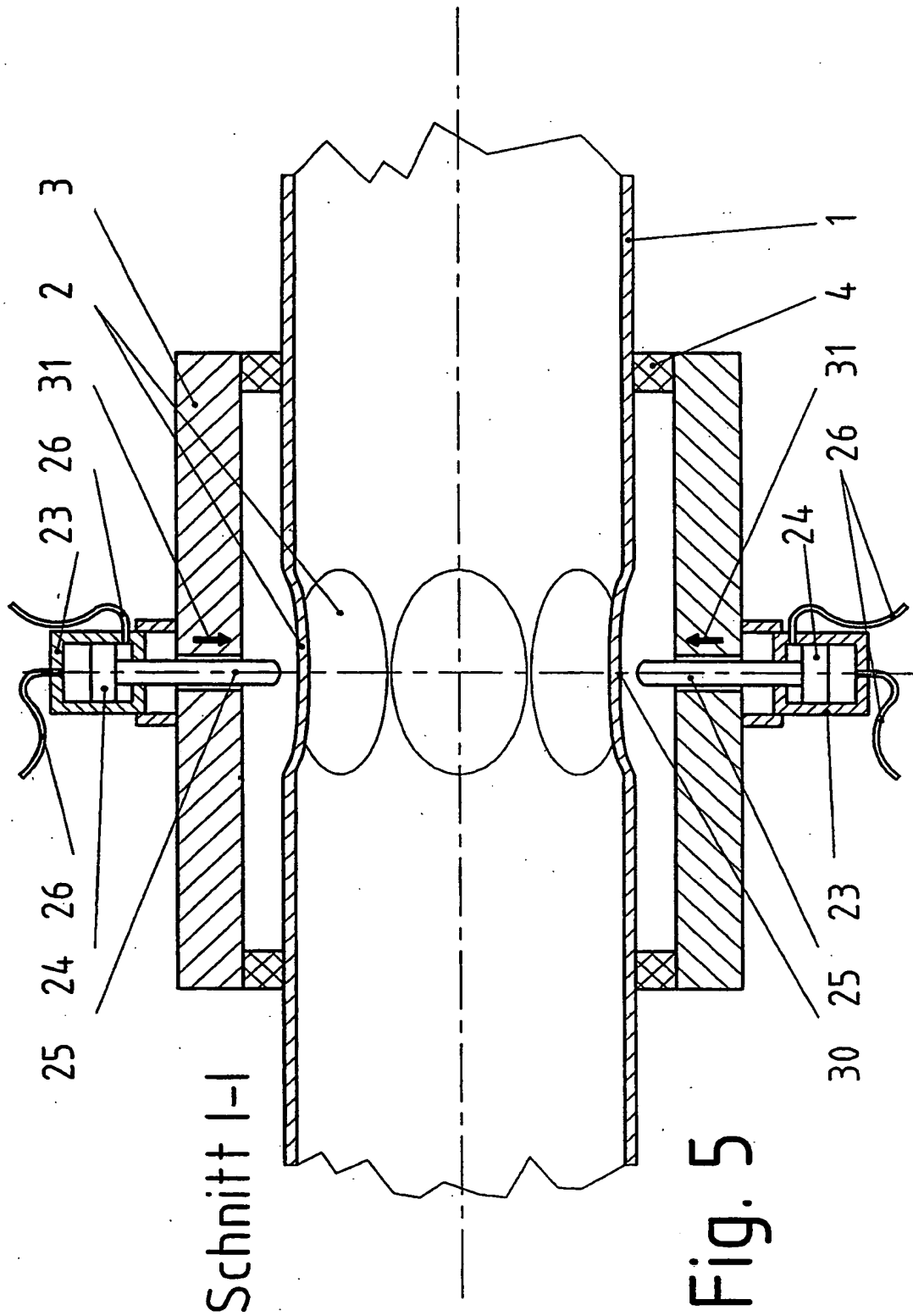
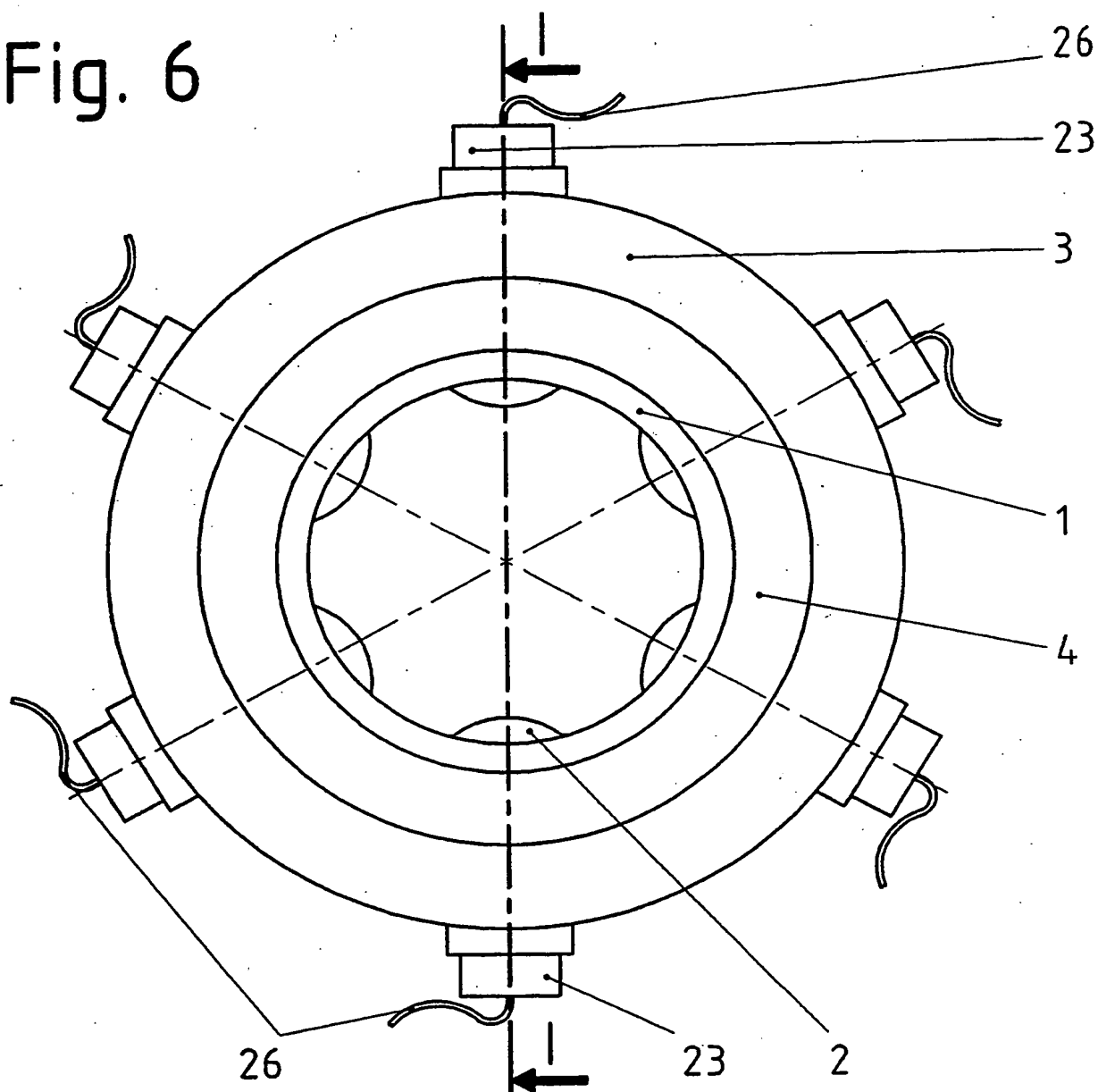
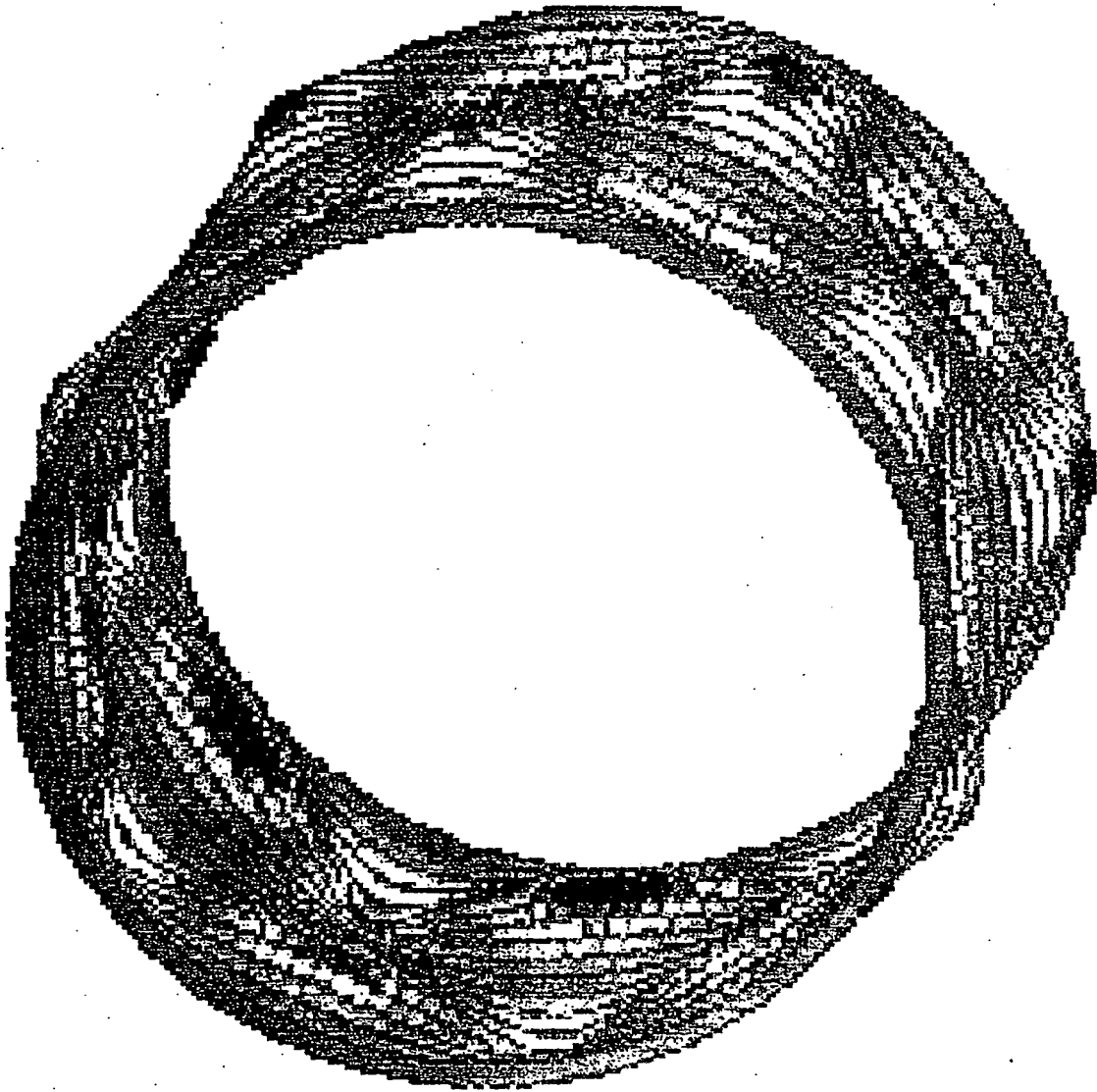


Fig. 6



28

29



29

27

Fig. 7

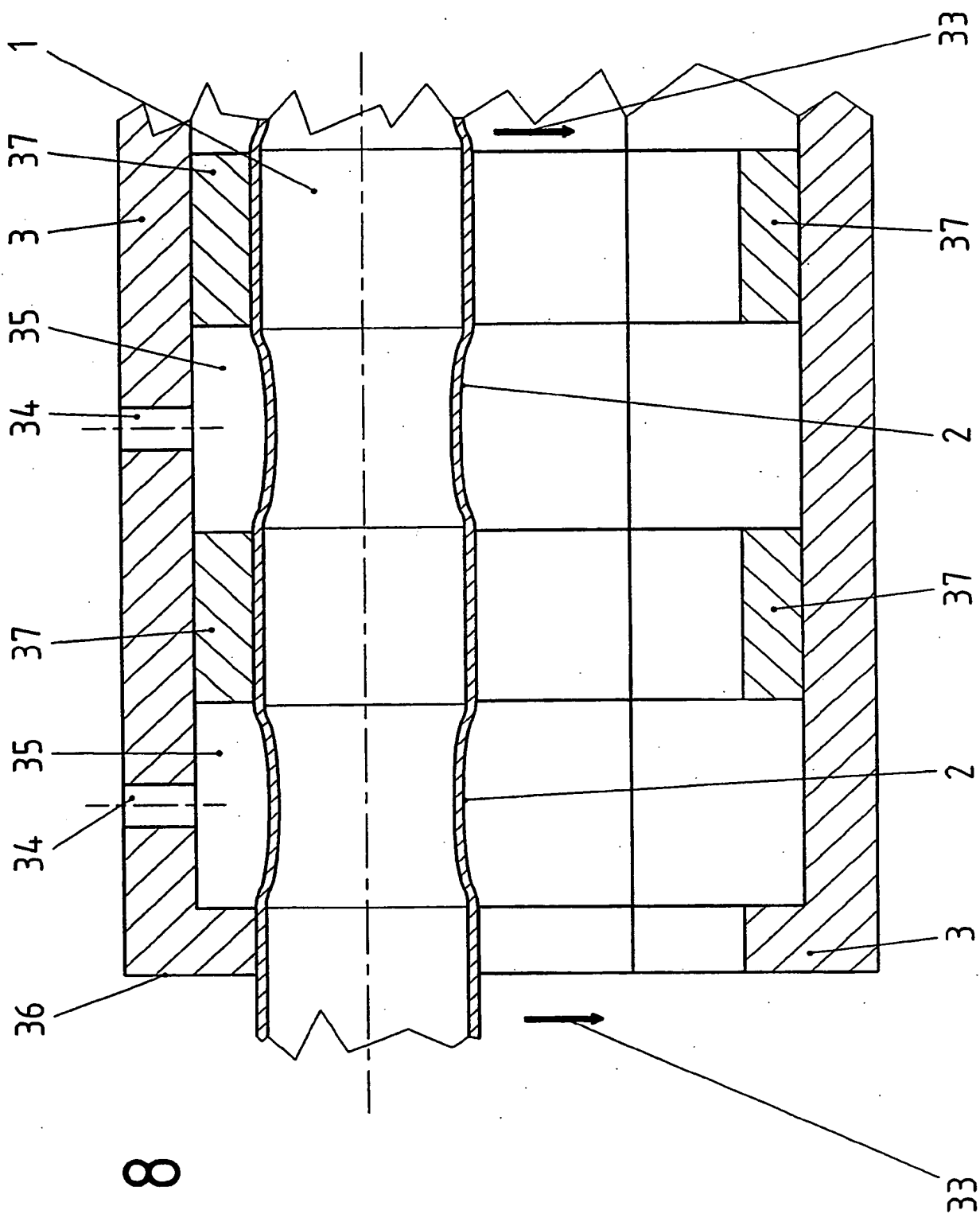


Fig. 8

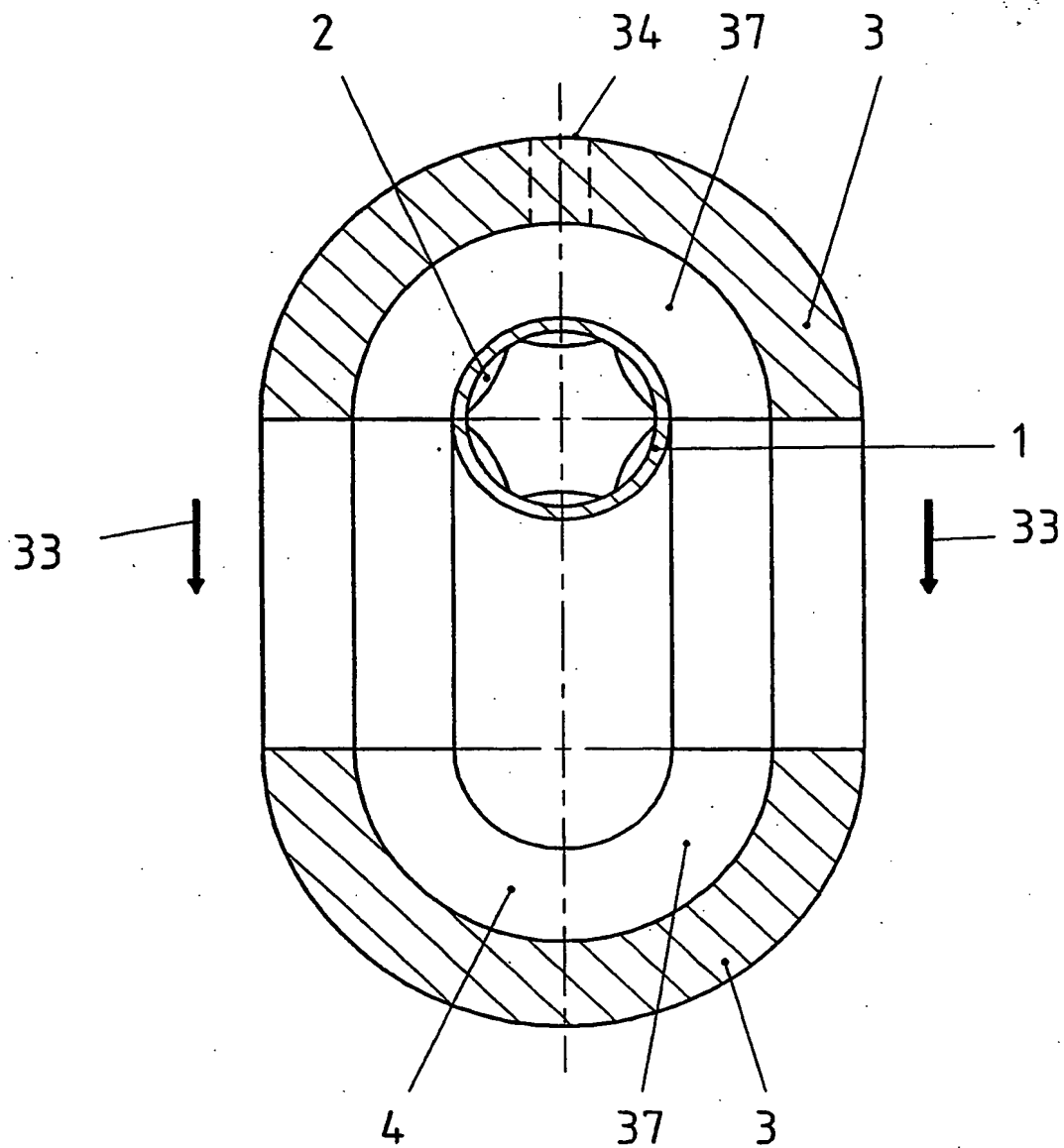


Fig. 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.